



BIOREMEDIATION TREATMENTS FOR DISPOSAL OF WASTE GENERATED OF INORGANIC SALTS GENERAL CHEMISTRY LABORATORY USING TECHNICAL VERMICULTURE

TRATAMIENTOS BIORREMEDIACION PARA LA ELIMINACION DE RESIDUO DE SALES INORGANICAS GENERADOS EN LABORATORIOS DE QUIMICA GENERAL MEDIANTE EL USO DE TECNICA DE LOMBRICULURA.

VERA, J. A*

Javier Vera * Ingeniero Ambiental, Programa de Maestría en
Ingeniería Ambiental. Universidad de Pamplona. Universidad de
Pamplona, Tel: 5685303 (ext. 140) e-mail:
javierverasolano@hotmail.com

Universidad de Pamplona
Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.
Tel: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303 Ext. 140
E-mail:javiervera@misena.edu.co

Abstract: The bioremediation is defined as any process that uses microorganisms, fungi, plants or living organisms to degrade and transform contaminants.

This paper analyzes the effects that occur in the development and growth of the Californian red worm (*Eisenia foetida*) by following the application of inorganic salt residues generated substrates in general chemistry laboratories at the University of Pamplona.

They work horse manure, mixed with manure of goat, vegetable matter and molasses, they were planted in 50 individuals of whom studied its growth during the development of it by observing the effect that these residues can bring in the worm.

The next work is to study the potential effects the application of inorganic salts in the planting of Californian red worm treatment of bioremediation in reducing waste generated in inorganic chemistry labs



RESUMEN: La biorremediación se define como cualquier proceso que utilice microorganismos, hongos, plantas u organismos vivos para degradar y transformar contaminantes.

En este trabajo se analizan los efectos que se producen en el desarrollo y crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) por consecuencia de la aplicación de residuos de sales inorgánicas a sustratos generados en los laboratorios de química general de la Universidad de Pamplona.

Se trabajó un sustrato de estiércol de caballo mezclado con estiércol de cabro, materia vegetal y melaza, se sembraron en ellas 50 individuos de los cuales se estudió su crecimiento durante el desarrollo de la misma observando el efecto que estos residuos pueden traer en la lombriz.

El siguiente trabajo tiene como objetivo estudiar los efectos que pueden tener la aplicación de sales inorgánicas en la siembra de lombriz roja californiana como tratamiento de biorremediación en reducción de residuos inorgánicos generados en laboratorios de química.

Keywords: Biorremediación, fitorremediación, residuo, contaminante

1. INTRODUCCIÓN

Las universidades son instituciones que presentan problemas muy específicos vinculados con el manejo de sustancias peligrosas y de sus desechos, ya que cuentan con laboratorios muy diversos los cuales generan un amplio espectro de desechos (Mooney, 2004)

Los residuos químicos generados en el laboratorio pueden tener características muy diferentes y producirse en cantidades variables, aspectos que inciden directamente en la elección del procedimiento para su eliminación.

Aunque el volumen de residuos que se generan en los laboratorios es generalmente pequeño en relación al proveniente del sector industrial, no por ello debe minusvalorarse el problema.

Unas adecuadas condiciones de trabajo en el laboratorio implican inevitablemente el control, tratamiento y eliminación de los

residuos generados en el mismo, por lo que su gestión es un aspecto imprescindible en la organización de todo laboratorio

Existe un gran número de tratamientos químicos, físicos y biológicos a las que se pueden someter los residuos químicos tóxicos y peligrosos, cuya finalidad se dirige básicamente a la recuperación de recursos (materiales y energéticos), la detoxificación, y la reducción de volumen previa a su disposición en tierra

Entre ellos tenemos: solidificación o procesos de fijación, procesamiento de borras, oxidación química, reducción química, neutralización, e inertizado. (Estrada, 2011).

El objetivo de este trabajo es analizar la lombricultura como tratamiento de biorremediación para la neutralización de sales



inorgánicas generadas como residuos de laboratorio de química, ya que todo residuo luego de ser caracterizado requiere un método de tratamiento. En realidad, no se puede utilizar un solo tipo de tratamiento, sino que es necesario considerar un sistema de tratamiento. (Loaiza 2007).

El trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de química general de la Universidad de Pamplona, Ubicada en el Municipio de Pamplona Departamento del Norte de Santander Colombia.

Se decidió trabajar la lombricultura ya que diversos estudios han demostrado la capacidad de algunas lombrices para utilizar una amplia gama de residuos orgánicos como estiércol, residuos de cultivos, desechos industriales, aguas negras, etc. (Giulietti et al 2008), y de la misma manera su capacidad para resistir algunos pH más altos con los que el alimento (substrato) para las lombrices consistió en el uso de estiércol de caprino, caballo y materia vegetal (picada) mezclado entre ellos, la temperatura media fue de 17.7 °C con un pH inicial de 8.32, además se aplicó un pequeño porcentaje de melaza para acelerar el tiempo de descomposición del sustrato. (Portilla et al, 2008)

MARCO TEÓRICO

Los riesgos al ambiente y a la salud humana causados por la generación de residuos químicos y peligrosos han generado alertas por los efectos adversos que estos han ocasionado al planeta. La contaminación de los cuerpos acuíferos (aguas subterráneas y fuentes hídricas), causada por la disposición inadecuada de los residuos químicos y peligrosos impulso a nivel mundial un tratamiento de alta prioridad para que se les diera un adecuado manejo. (Galvis 2009)

A nivel mundial se presentan diferentes guías y reglamento, en los que la clasificación de los residuos químicos generados en laboratorios de análisis se encuentra basada en grupos donde se consideran las características fisicoquímicas de los productos, su peligrosidad y el destino final de los mismos. La mayoría de estos textos guías coincide en que una posible agrupación de residuos con características comunes puede ser la siguiente: metales pesados, ácidos, sales de metales pesados, bases, halogenados, disolventes, organometálicos, disolventes clorados, hidrocarburos y pesticidas. (Benavides 2007).

Existe un gran número de tratamientos físicos, químicos y biológicos a los que se pueden someter los residuos tóxicos y peligrosos, cuya finalidad se dirige básicamente a la recuperación de recursos (materiales y energéticos), la detoxificación, y la reducción de volumen previa a su disposición en tierra.

Entre algunos de los métodos de tratamiento de los residuos químicos podemos encontrar tratamientos físicos, químicos y biológicos- Consiste en someter al residuo a procesos físicos (filtrado, centrifugado, decantado, etc.); biológicos fermentaciones, digestiones por microorganismos, etc.) o químicos neutralizaciones, reacciones de distinto tipo). De esta forma se consigue transformar el producto tóxico en otros que lo son menos y se pueden llevar a vertederos o usar como materia prima para otros procesos. Las plantas de tratamiento tienen que estar correctamente diseñadas para no contaminar con sus emisiones. Incineración.- Quemar los residuos en incineradoras especiales suele ser el método mejor, cuando se hace con garantías, de deshacerse de los residuos tóxicos. Disminuye su volumen



drásticamente y, además permite obtener energía en muchos casos. Sus aspectos negativos están en las emisiones de gases y en las cenizas que se forman. Tanto unos como otros suelen ser tóxicos y no pueden ser echados a la atmósfera sin más o vertidos en cualquier sitio.

Vertido.- Al final de todos los procesos siempre hay materias que hay que depositar en un vertedero para dejarlas allí acumuladas. Esta es una parte especialmente delicada del proceso. Los vertederos de seguridad deben garantizar que no se contaminan las aguas subterráneas o superficiales, que no hay emisiones de gases o salida de productos tóxicos y que las aguas de lluvia no entran en el vertido, porque luego tendrían que salir y lo harían cargadas de contaminantes. En la práctica esto es muy difícil de realizar, aunque se han realizado progresos en el diseño de estos vertederos. (Echarri 2007).

Existen actualmente otros sistemas de tratamiento de residuos como la osmosis inversa que se emplea para separar el agua de las sales inorgánicas a través de una membrana que permite el paso del agua pero impide el paso de las sales. Trabaja con presiones de entre 400-800 psi, generadas por bombas, a fin de impulsar el agua para que pase a través de la membrana y deje tras sí un líquido residual. Las membranas están hechas de acetato de celulosa. El costo de las membranas puede representar el 50% o más del costo del equipo. Aparte de los problemas de ensuciamiento, los sistemas de osmosis inversa son muy sensibles a la temperatura. (Fernández 2006).

Procesamiento de borras. Una gran cantidad de residuos industriales contienen importantes cantidades de agua. Por lo tanto la masa de residuo que requiere una disposición última puede reducirse sustancialmente eliminando agua en forma eficiente. A menudo esto se puede lograr en

lagunas, lechos de secado, filtros al vacío o filtros prensa, centrifugas, etc. También se puede proceder previo a la extracción del agua a un proceso de espesamiento, que se logra en forma gravitacional o también a través de procesos biológicos o por medio del uso de productos químicos como cal. (Estrada 2011)

Otro tipo de tratamiento que actualmente se usa en los desechos químicos industriales es la inertización de residuos mediante el empleo conjunto de arcillas y cemento, sobre todo para la fijación de contaminantes inorgánicos conteniendo metales pesados o compuestos orgánicos así como la utilización de arcillas organofílicas y arcillas modificadas con complejos orgánicos para la estabilización de contaminantes orgánicos, normalmente presentes en soluciones acuosas u orgánicas. El objetivo de estos tratamientos es la obtención de sólidos monolíticos de resistencia elevada, ya sea a la compresión (resistencia mecánica) y sobre todo a la lixiviación de los contaminantes (resistencia química). (López 2002).

Entre otras alternativas, surgen los sistemas biológicos de tratamiento, como la biorremediación, proceso que utiliza las habilidades catalíticas de los organismos vivos para degradar y transformar contaminantes tanto en ecosistemas terrestres como acuáticos, presenta un enorme potencial en la mitigación de la contaminación ambiental.

En este contexto no obstante, existen casos aislados de utilización de otros tipos de organismos como, por ejemplo, los hongos y, más recientemente, las plantas (la llamada "fitorremediación" es un campo altamente prometedor). (Garbisu Carlos et al 2002).

Dada también la evidente ventaja que ofrecen las lombrices sobre la textura y la estructura del suelo podríamos



considerarles una herramienta útil en el campo de la biorremediación y la prevención de la contaminación de sistema edáfico, puesto que, la calidad de los suelos contaminados por metales pueden mejorarse no solo eliminando los metales del suelo sino también reduciendo la concentración de metales pesados en la

En condiciones nutricionales óptimas, la lombriz fisiológicamente está en capacidad de excretar en forma de humus entre el 60% y el 80% del alimento ingerido, a través de un par de nefridios presentes en todos los anillos, menos en los tres primeros y en el último, que hacen la función de riñones y eliminan urea, amoníaco y creatinina mediante poros que comunican cada nefridio con el exterior.

La lombriz roja es un anélido cilíndrico y alargada, formada por numerosos anillos cubiertos por un tegumento resistente. Su tacto es el más desarrollado, debido a unas células especiales que presenta a lo largo de su cuerpo, reaccionando a la luz intensa. En su estado adulto la longitud promedio es de 15.6 cm y su peso 2.5 gramos. En la parte anterior se desarrolla el Clitellum, que indica la madurez sexual, la cual se alcanza aproximadamente a los 192 días.

La asimilación de metales de la lombriz roja californiana por vía digestiva es prácticamente independiente del pH del suelo (Leonard, et al. 2000). Una vez que el material es ingerido por las lombrices su pH es neutralizado por secreciones de CaCO_3 por las glándulas calcíferas del aparato digestivo de la lombriz. Además el material ingerido sufre una serie de transformaciones que favorecen la formación de ácidos húmicos y moléculas inorgánicas de alto peso molecular que mejoran la capacidad de adsorción del suelo y reducen la fracción de metales

pesados en la solución del suelo, disminuyendo su efecto tóxico.

La lombriz tiene la capacidad de asimilar elevadas concentraciones de algunos compuestos protóxicos y metales (Cu, Fe, Cd, Pb, Zn), sin observarse síntomas aparentes de intoxicación a corto plazo (Cova et al 2007).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir con el objetivo de este trabajo, se realizó la preparación del compost de los estiércoles diseñando cuatro cubículos de 20 *60 *75 cm en los que se dispuso un sustrato compuesto como se indica en la tabla 1 como alimento para lombriz.

Los elementos para hechura de las literas para el crecimiento de la lombriz se tomaron de los propios terrenos de la Universidad de Pamplona así como las muestras de residuos de sales inorgánicas generados en los laboratorios de química general, los cuales fueron previamente analizadas, con el propósito de identificar sustancias altamente contaminantes o residuos de metales pesados como el plomo que puedan afectar el crecimiento de la lombriz, o perturbar el medio ambiente.

Los residuos una vez analizados fueron neutralizados hasta obtener un pH de 7 apto para el desarrollo de la lombriz.

| Elemento | Cantidad | UNIDADES |
|-----------------------------|----------|----------|
| Pasto seco | 5 | Kg |
| Estiércol de cabro | 5 | Kg |
| Estiércol de caballo | 2 | kg |
| Melaza | 200 | MI |
| Sales inorgánicas (línea 8) | 1.66 | I |
| Agua | 1000 | I |

Tabla 1. Composición del sustrato para inocular la lombriz roja californiana.

Para la preparación de las camas se procedió primero a colocar una capa de pasto Kikuyo (*pennisetum clandestinum*) luego se colocó una capa de estiércol de



caballo mezclada con estiércol de cabra, posteriormente se aplicó un pequeño porcentaje de melaza para acelerar el tiempo de descomposición del sustrato. (Portilla et al, 2008) distribuida sobre toda la capa de estiércol y por último se procedió a aplicar las sales inorgánicas y el respectivo riego con agua.

La temperatura media fue de 17.7 °C con un pH inicial de 8.32, y un porcentaje de humedad del 60%.

Al cabo de 21 días comenzó el proceso de fermentación. La temperatura del compost subió a 55-65 °C, se removió y aireó el estiércol en periodos de 3, 5 y 15 días con el objeto de lograr una biotransformación uniforme (Barbados, 2003).

La temperatura se estabilizó en 23° y el pH en 7,3 con un porcentaje de humedad del 50%.

Una vez estabilizado el sustrato a los 30 días se procedió a inocular 50 lombrices rojas californianas adultas (*Eisenia foetida*) y se evaluó la composta y el desarrollo de la lombriz en estos sustratos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se observa el análisis por adsorción atómica que se realizó a los residuos de sales inorgánicas que previamente han sido clasificadas y envasadas según el plan de manejo de residuos peligrosos de la Universidad de Pamplona, entre las sales que se vierten en esta línea (línea 8 residuos de sales inorgánicas) encontramos, (Cloruro de calcio, potasio, hierro, sodio, zinc, magnesio, sulfato de zinc, sulfato de sodio, sulfato ferroso, sulfato de cobre), observamos que no se encuentran trazas de compuestos altamente contaminantes, de la misma manera en el transcurso de la investigación se controló en los laboratorios de química que los residuos generados en

las prácticas, se vertieran específicamente en las líneas dispuestas para ello con el fin de evitar mezclas con compuestos halogenados, o compuestos derivados de petróleo de difícil degradación

Tabla 2. *Análisis físicoquímico de las línea 8 de residuos de sales inorgánicas*

| MUESTRA | CA (ppm) | K (ppm) | MG (ppm) | NA (ppm) | FE (ppm) | ZINC (ppm) | pH |
|--------------|----------|---------|----------|----------|----------|------------|------|
| (m1) línea 8 | 787.5 | 7.326 | 7.55 | 6.515 | 1.396 | 26.4 | 2.48 |
| (m2) línea 8 | 1590 | 377.2 | 6.4 | 898.6 | 4888.8 | 10570 | 3.2 |

En la tabla 3 se puede observar los resultados del crecimiento de la lombriz durante los 3 primeros meses, a partir del cuarto día las lombrices comenzaron su evolución con la presentación de 4 nuevos individuos, en el sustrato al cual se le había adicionado la línea 8 de residuos de sales inorgánicas.

A los 43 días se realizó de nuevo el recuento y el crecimiento de la lombriz ya era de 74 individuos, lo que indica un aumento poblacional con respecto a las primeras 50 lombrices inoculadas en las literas. Esto debido a que apareamiento se produce generalmente cuando asoman a comer a la superficie. La puesta de huevos se realiza a razón de un cocón por animal cada 45 a 60 días.

Estas lombrices son muy prolíficas. Se aparean semanalmente, poniendo un cocón por lombriz cada diez días, refiriéndonos siempre a lombrices adultas. Estos huevos eclosionan a las 2 o 3 semanas de puestos y dan a luz entre 2 y 20 lombrices cada uno. Estas recién nacidas alcanzan la madurez sexual luego de 6 a 10 semanas.

Además se observa la descomposición normal de la materia orgánica que es el alimento de la lombriz, observándose un porcentaje de humedad del 60% y un pH de 7.8.

**Tabla 3.** Crecimiento de la lombriz en días.

| FECHA | N° LOMBRICES | DIAS | Total de lombrices |
|------------|--------------|------|--------------------|
| 30/07/2010 | 0 | 1 | 50 |
| 03/08/2010 | 4 | 4 | 54 |
| 09/08/2010 | 6 | 10 | 60 |
| 27/08/2010 | 14 | 28 | 74 |
| 13/09/2010 | 64 | 43 | 138 |
| 07/10/2010 | 92 | 67 | 230 |
| 21/10/2010 | 60 | 81 | 290 |

En la gráfica 1 se observa el crecimiento en aumento de la lombriz roja californiana, la cual se inició con una población de 50 individuos y al cabo de los 81 días se cuadruplico presentándose una cantidad de 290 especímenes, los cuales se

desarrollaron de forma normal sin algún tipo complicación, en la tabla 4 se observa el seguimiento realizado durante los 81 días, en el cual se especifica las condiciones del medio en donde la lombriz, se desenvolvió y las características esenciales que presento.

Tabla 4. Condiciones del medio y características en el seguimiento del desarrollo de la lombriz

| FECHA | N° LOMBRICES | DÍAS | T (°C) | % HUMEDAD | pH | CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO |
|------------|--------------|------|--------|-----------|-----|--|
| 30/07/2010 | 0 | 1 | 23 | 50 | 7,3 | Se inocula el sustrato con una población inicial de 50 lombrices adultas, con clitelo bien formado. |
| 03/08/2010 | 4 | 4 | 23 | 50 | 7,2 | Aparecen los primeros cocones y de la misma manera los nuevos individuos. |
| 09/08/2010 | 6 | 10 | 21 | 60% | 7,5 | En el recuento de las lombrices se encuentra vivas todas las que se inocularon al inicio y 6 individuos más, las cuatro nacidas con anterioridad ya más desarrolladas y 2 pequeñas de 1 o 2 días. |
| 27/08/2010 | 14 | 28 | 22 | 60% | 7,3 | Para esta fecha ya aparecen 14 individuos más, las nacidas con anterioridad, ya miden entre 2 y 2,5 cm, su crecimiento es normal y la transformación del sustrato comienza a tomar su aspecto de tierra negra |
| 13/09/2010 | 64 | 43 | 24 | 50% | 7,5 | En esta etapa ya se encuentra doblada la población inicial de lombrices, apareciendo ya 104 individuos, los cuales el 50% de los individuos presenta una apariencia madura, con clitelo bien formado, y diferenciación de los anillos, se observa la aparición de varios cocones, los cuales en 2 o 3 días se convertirán en nuevas lombrices. |
| 07/10/2010 | 92 | 67 | 22 | 60% | 7,3 | Al pasar ya 2 meses de la inoculación de las lombrices, la población se triplica apareciendo 92 nuevos individuos, la materia orgánica, ya se observa transformada en un 75% tomando sus características de humus, color negro olor a tierra, particulado blando, el olor inicial a químico por las sales inorgánicas va desapareciendo, y los cocones que estaban en la anterior etapa, el 80% se transformó en nuevas lombrices. |
| 21/10/2010 | 60 | 81 | 22 | 60% | 7,8 | Habiendo pasado ya 81, nacieron 60 individuos nuevos llegando a un total de 290, lo que permite observar, que la población se incrementó de desde el primer día, hasta esta etapa en 240 individuos, cuadruplicándose, en el sustrato tratado con sales inorgánicas de residuos químicos de los laboratorios de química general. Demostrando que la lombriz roja californiana puede adaptarse y crecer en |

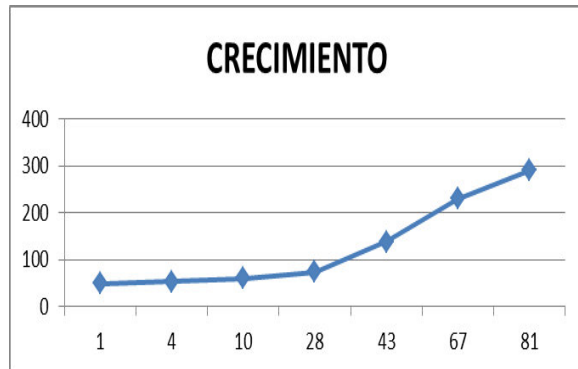


Figura 1. Crecimiento de la lombriz en 81 días.

4. CONCLUSIONES

La investigación realizada para la eliminación de residuo de sales inorgánicas generado en laboratorios de química general mediante el uso de técnica de biorremediación con lombricultura nos permitió llegar a las conclusiones que se exponen a continuación.

- La lombriz durante los ensayos no presenta inhibición en el crecimiento si se mantienen los parámetros de humedad, ph y temperaturas adecuados para su desarrollo, y el ph de las sales inorgánicas se neutraliza en este caso con agua cal hasta llevarlo a 7.2.

- El aumento de la población durante la investigación se cuadruplico pasando de 50 individuos inoculados a 290 lombrices las cuales se desarrollaron en el medio tratado con las sales inorgánicas generadas en los laboratorios.

- El vermicompost obtenido de la transformación realizada es de color a negro, con olor agradable a mantillo, es limpio, suave al tacto y su gran bio estabilidad evita su fermentación o putrefacción, favorece la formación de micorrizas, presenta un pH neutro.

- En comparación con otros estudios se concluye que la clase de lombriz *esenia foetida*, puede asimilar altas concentraciones de compuestos químicos que podrían ser tóxicos para otros seres.

- El humus generado por las lombrices fue incorporado en muestras de suelo, con dos objetivos continuar con el ciclo de degradación de las sales inorgánicas por medio de fitorremediación con plantas de frijol y segundo aplicación como fertilizante a suelos pobres en minerales, nitrógeno y materia orgánica.

- Podemos concluir que la mayor transformación de material orgánico en este caso a humus, se registró con el tratamiento de excretas de caballo y sales inorgánicas, con el cual se obtuvo mayor población de lombrices presentaron, tanto jóvenes como maduras.

- Aparentemente, la menor transformación de material orgánico a humus, se registró cuando se usó excremento de cabro y sales inorgánicas.

Referencias Bibliográficas

ACEVEDO, Carlos Julio, Tecnología para la producción de lombricomposto. Alternativa para desarrollar una agricultura Sostenible. Corpoica. Bogotá D.C. 1998.

BENAVIDES, Mera Adriana: Alternativa para la segregación de residuos químicos generados en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad del Cauca. [en línea]. Disponible en: http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/RevistaLimpia/vol2n1/PL_V2_N1_p054-65_unicauca.pdf. [Citado 8 de septiembre de 2012].



ECHARRI, Luis: Residuos y Productos Químicos. Universidad de Navarra. 2007.

COVA, Luis José, GARCIA, Danny Eugenio, CASTRO, Alexander Rafael et al. Efecto perjudicial de Moringa oleífera (Lam.) combinada con otros desechos agrícolas como sustratos para la lombriz roja (Eisenia spp.). INCI, nov. 2007, vol.32, no.11, p.769-774. ISSN 0378-1844.

ESTRADA, Cabrera Carlos: Tratamiento de residuos químicos peligrosos generados en los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima 2011. Trabajo de grado. Magister en ciencias ambientales. Facultad de ingeniería geológica, minera, metalúrgica y geográfica.

FERNANDEZ Sempere, Estudio de la capa de polarización durante el proceso de osmosis inversa. En: Separaciones con Membranas. España. [en línea]. Disponible en: <http://www.ingenieriaquimica.es/files/pdf/IQ/431/13ARTICULOEN.pdf>. [Citado 12 agosto de 2012].

FERRUZI, C. 1987. Manual de lombricultura. E. Mundi Prensa, Madrid, 13 p.

GALVIZ, Carlos Julio: Manual para el Manejo de los Residuos Químicos y Peligrosos de la Universidad Pedagógica Nacional. Sistema de Administración Ambiental_SAA. Bogotá D.C: 2009. Pag. 4.

GIULIETTI AL, OM Ruiz, HE Pedranzani1, O Terenti. (2008) Efecto de cuatro lombricompuestos en el crecimiento de plantas de Digitalis purpurea. Revista internacional de Botánica Experimental. Argentina.

GONZALEZ, G. 1995. El cultivo de lombrices, Panamá, Facultad de Ciencias

agropecuarias, Universidad de Panamá. Plegable, 6 P

LOAYZA Perez, Jorge Eduardo. Gestión integral de residuos químicos peligrosos. Rev. Soc. Quím. Peru. [on line]. out. /dic. 2007, vol.73, no.4 [citado 10 Febrero 2012], p.259-260. Disponible na World Wide Web: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000400009&lng=pt&nrm=iso>. ISSN 1810-634X.

LOPEZ, F, A. Solidificación/ Estabilización de residuos orgánicos mediante granulación con sepiolita. En: Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. [en línea]. Disponible en: <http://ceramicayvidrio.revistas.csic.es/index.php/ceramicayvidrio/article/view/657/702>. [Citado 14 agosto de 2012].

LUND, G. 1987. Eisenia foetida su descripción y cultivo. Universidad Católica de Chile, Santiago. 100 p.

MAMANI Gladys., Mamani Paty. Comportamiento de la lombriz roja (Eisenia spp) en sistemas de vermicompostaje en residuos orgánicos. Agosto 2012. En: Journal of the selva Andina Research society. Vol 1. Pag 44-54. [Citado 21 septiembre 2012]